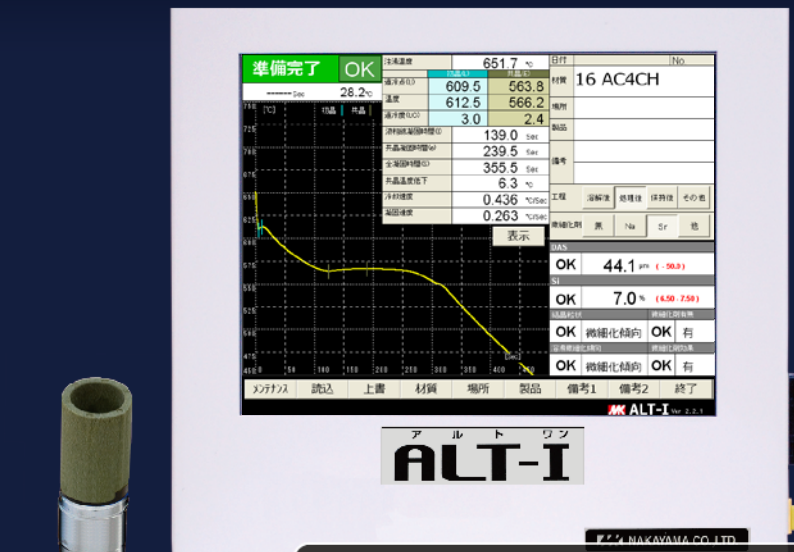
アルミニウム合金溶湯炉前管理器

アルミ溶湯を熱分析(冷却曲線)にて判定する
アルミ合金溶湯性状判定装置

ALT-I
アルト ワン

技術資料及び取扱説明書

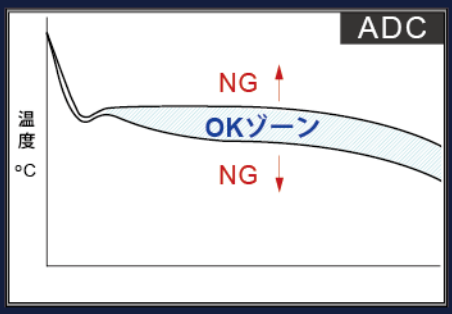
AEメーターから半世紀
アルミ合金熱分析の集大成

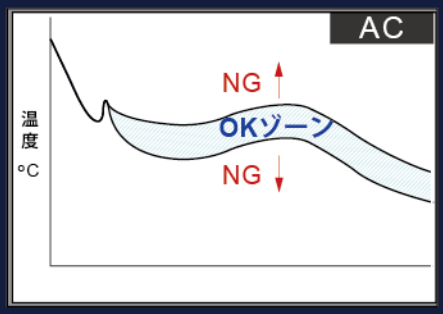


アルミ合金溶湯性状の判定内容

- アルミ合金地金の仕様確認
- Al-Si 系鋳物合金の Si 含有量測定
- 溶湯処理（微細化処理）効果の判定
- 溶湯性状の判定
  ※溶湯性状：物理的・機械的性質
- 炉前・短時間測定

実験データーシートより注湯OKゾーンの冷却曲線設定





株式会社 ナカヤマ

■ ALT-I専用サイト http://kk-nakayama.com/

■ 本社 〒451-0066 名古屋市西区児玉３丁目37-22
TEL.052-521-1171(代表) FAX.052-521-1180
E-mail info@nakayama-meps co jp
公式サイト http://www.nakayama-meps.co.jp/

■ 東日本営業所 TEL.024-545-6588 FAX.024-544-6588
■ 西日本営業所 TEL.090-7970-6448 FAX.082-253-1241

平成 24 年 6 月 12 日作成

目次

Ⅰ　ALT-Ⅰとは ..... - 2 -
Ⅱ　ALT-Ⅰの原理 ..... - 2 -
　Ⅱ-1　本体 ..... - 2 -
　Ⅱ-2　Al-CUP ..... - 3 -
Ⅲ　各種相関 ..... - 3 -
　Ⅲ-1　Si%との相関 ..... - 3 -
　Ⅲ-2　熱分析と組織画像の相関 ..... - 3 -
　Ⅲ-3　DAS と冷却速度の相関 ..... - 4 -
　　Ⅲ-3-1　冷却速度と DAS の関係 ..... - 4 -
　　Ⅲ-3-2　DAS と機械的性質の関係 ..... - 5 -
Ⅳ　ALT-Ⅰの有効な利用方法 ..... - 6 -
　Ⅳ-1　アルミ合金地金の仕様確認(材質確認) ..... - 6 -
　Ⅳ-2　共晶 Si 微細化処理測定 ..... - 8 -
Ⅴ　運用時の管理値について ..... - 10 -
Ⅵ　ALT-Ⅰ機器の取り扱いについて ..... - 11 -
　Ⅵ-1　ALT-Ⅰ測定器本体 ..... - 11 -
　Ⅵ-2　補償導線（キャップタイヤケーブル） ..... - 11 -
　Ⅵ-3　カップスタンド(ホルダー) ..... - 11 -
　Ⅵ-4　Al -CUP ..... - 12 -
Ⅶ　最後に ..... - 12 -

ALT-Ⅰ取扱説明書 .....-13-17-

Ⅰ　ALT-Ⅰとは

アルミ溶湯熱分析管理機器 ALT-Ⅰは、アルミニウム合金の材料状態や微細化処理効果を高感度・高精度・短時間にて良否判定することができます。

また、鋳造現場の炉前で充分使用できる耐久性を持ち、注湯前に測定することが可能です。

即ち、アルミ合金鋳物溶湯の対応処理が可能になり、砂型、金型、ダイキャスト等のプロセスによって製造される鋳造品の材質不良を低減できる溶湯管理機器です。

Ⅱ　ALT-Ⅰの原理

Ⅱ-1　本体

アルミニウム合金の凝固開始から終了まで、温度変化を数値変換し、冷却曲線を描画する。

一般的なアルミニウム合金の冷却時の温度変化と時間の関係を図 1 に示す。
図中の曲線を冷却曲線と言う。又、各記号の名称を示す。

冷却曲線とは、例えば純粋な水（液体）は１気圧のもとで 0℃で凝固し氷（固体）となる。この水に塩を溶かすと、0℃よりも低い温度でなければ凍り始めません。
凝固し始めや、凝固終了の温度は水に含まれている塩の量によって変わる。この現象と同じ事がアルミニウム合金の場合も言えます。

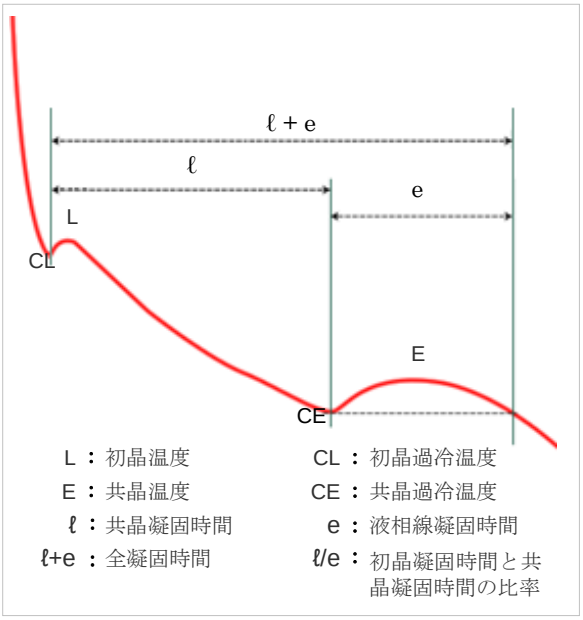


図 1　冷却曲線と測定ポイント

Al-Si 二元合金に Cu、Mg 等の他元素が入ると、初晶温度や共晶温度が変化し、凝固形態は複雑となるが、これらの含有量によって、それぞれ特有の初晶、共晶温度を示し、凝固時間も異なる。

アルミニウム合金を液体状態から冷却するときは放熱反応を伴い、凝固し始めには凝固顕熱による発熱が起こり(化学元素の凝固潜熱の発散)、一時的に冷却が止まるか逆に若干上昇し停止し初晶温度（L）が示される。その後又放熱反応を伴いながら冷却していく。

凝固終了温度になる前に共晶反応が起こり、更に大きな発熱が起こる(化学元素の凝固終了の潜熱の発散)。
図 1 のように 2 回目の大きな一定温度が示され、この温度が共晶温度（E）である。
図 1 に示した様に、初晶温度（L）、共晶温度（E）に達する前に、再輝現象が現れ、低い谷ができる。この現象をそれぞれ初晶過冷（CL）、共晶過冷現象(CE)と表現する。

ALT-Ⅰは、冷却曲線の特長点における関係から、二次 DAS、Si%、共晶 Si 微細化状態結晶粒状態を判定します。

※相関については各種相関の項目を参照。

Ⅱ−2　Al-CUP

熱分析の際使用するカップは、アルミ溶湯熱解析に最適なJIS-K規格を採用。

構造はアルミ溶湯熱分析に適したセンサー・カップ形状により、初晶過冷温度、初晶温度、共晶過冷温度、共晶温度を正確に検出できます。

図 2　Al-CUP 断面

Ⅲ　各種相関

Ⅲ−1　Si%との相関

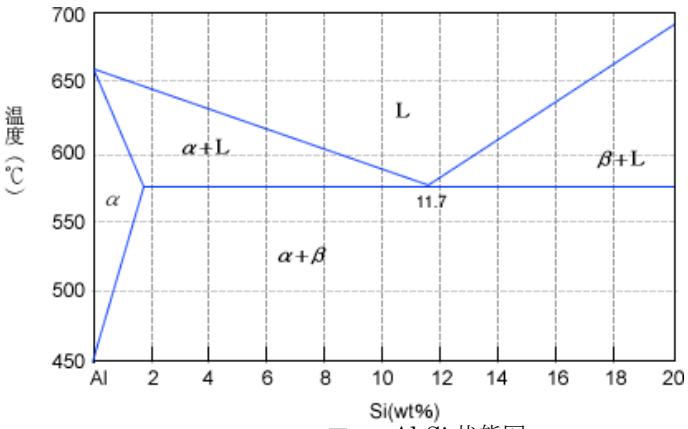
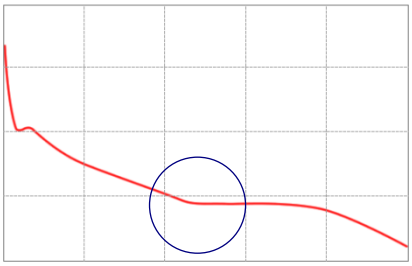


図 3　Al-Si 状態図

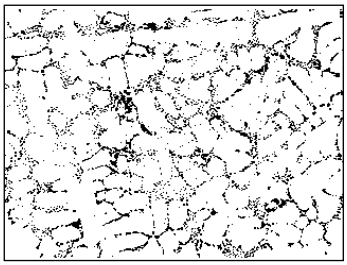
Ⅲ−2　熱分析と組織画像の相関

下の図のように得られる冷却曲線と組織画像には、以下のような関係が現れる。
例)2 の方が DAS が小さくなっており、**例)1** よりも良い溶湯と考えられる。

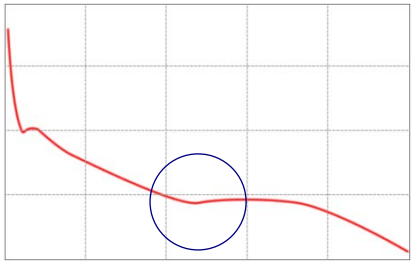
例 1)



例 1)の冷却曲線を描いたときの組織画像



例 2)



例 2)の冷却曲線を描いたときの組織画像

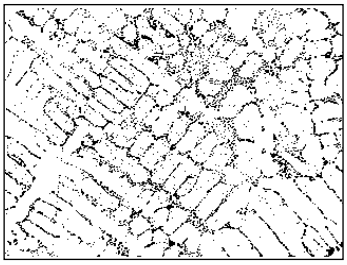


図 4　冷却曲線と組織

Ⅲ-3　DAS と冷却速度の相関

1）アルミニウム合金の組織において溶湯から最初に晶出する結晶粒の大きさや、核生成には凝固開始からの共晶開始間の冷却速度に最も影響を受ける。

2）DAS は、核生成や結晶粒の大きさと共に共晶反応時に晶出する共晶が影響され、その結果は凝固開始から共晶反応終了時間に左右される。

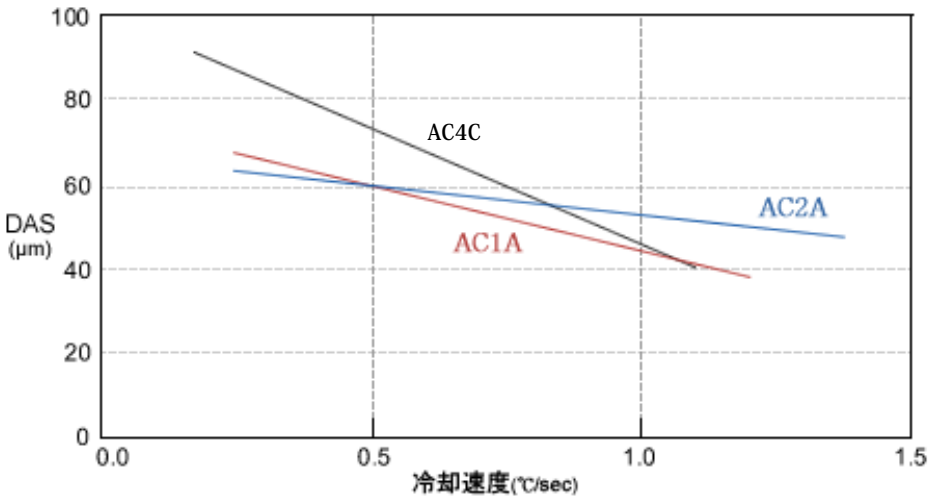
3）各試料の DAS は、冷却速度が速くなるにつれて小さくなる。

すなわち、アルミニウム合金鋳物の機械的・物理的性質の状況を調べるには、凝固速度と晶出した組織の状態を表す DAS の関係を調査するのが良いと判断する。

Ⅲ-3-1　冷却速度と DAS の関係

材質により異なるが、冷却速度と DAS には、以下のような相関がみられる。

	冷却速度(℃/sec)	DAS(μm)
AC1A	0.25	67.0
	1.20	37.9
AC2A	0.25	63.4
	1.37	47.2
AC4C	0.17	90.5
	1.10	40.5

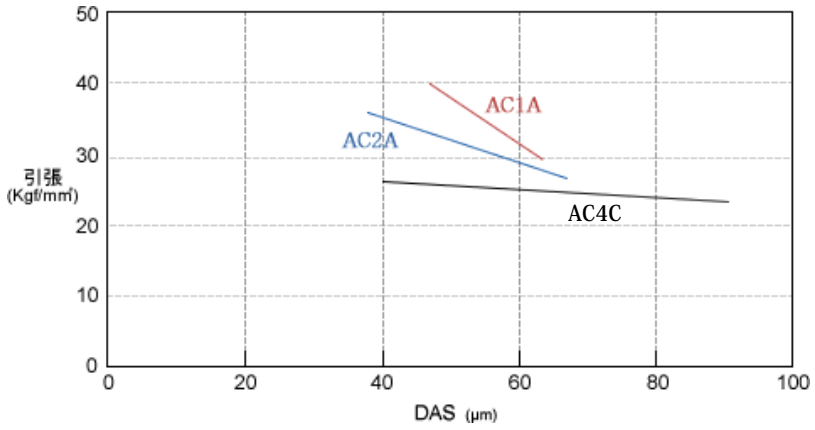


Ⅲ-3-2　DAS と機械的性質の関係

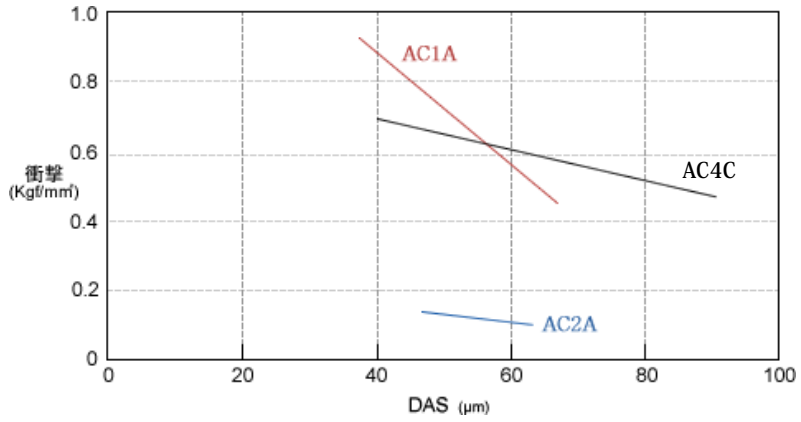
材質により異なるが、DAS と機械的性質には以下のような相関がみられる。

	DAS(μm)	引張(Kgf/mm²)	衝撃(kgf/mm²)
AC1A	37.9	35.9	0.93
	67.0	27.2	0.46
AC2A	47.2	40.0	0.14
	63.4	29.5	0.11
AC4C	40.5	26.4	0.70
	90.5	23.7	0.48

●DAS と機械的性質（引張）の関係



●DAS と機械的性質（衝撃）の関係



Ⅳ　ALT-Ⅰの有効な利用方法

Ⅳ-1　アルミ合金地金の仕様確認(材質確認)

鋳物用アルミニウム合金のコスト低減により、一次合金地金に二次合金地金や戻り材を加えたり、全てを二次合金地金で使用することが多くなってきた。

従ってこれらの溶解されたアルミニウム合金の材質確認を行う手段として、ALT-Ⅰでの熱分析を行う(主として材質別 Si 含有量を判断する)。

材質分析値、初晶、共晶温度の測定温度を**表 1** に示す。

試料 No.	項目 / 材質	分析値		測定温度		
		Cu	Si	初晶温度	共晶温度	温度差 LE
1	Al-4%Si	0.2 以下	4.0	632.5℃	571.4℃	61.1℃
2	AC 3A	0.2 以下	10.0～13.0	572.8℃	572.8℃	0℃
3	Al-15%Si	0.2 以下	15.0	592.3℃	572.7℃	19.6℃
4	AC2A	3.5～4.5	4.0～5.0	614.5℃	553.6℃	60.9℃
5	AC2B	2.0～4.0	5.0～7.0	599.8℃	561.9℃	37.9℃
6	AC4B	2.0～4.0	7.0～10.0	577.2℃	565.5℃	11.7℃
7	ADC12	1.5～3.5	10.5～12.0	567.2℃	565.5℃	1.7℃

表1　アルミニウム合金の材質別測定温度表

1)　試料 No.1～3 は No.2 の AC3A を中心として Si 含有量の少ない No.1(4%Si)と Si 含有量の多い No.3(15%Si)を試料とした。

2)　試料 No.4～7 は各規格のアルミニウム合金材を使用した。

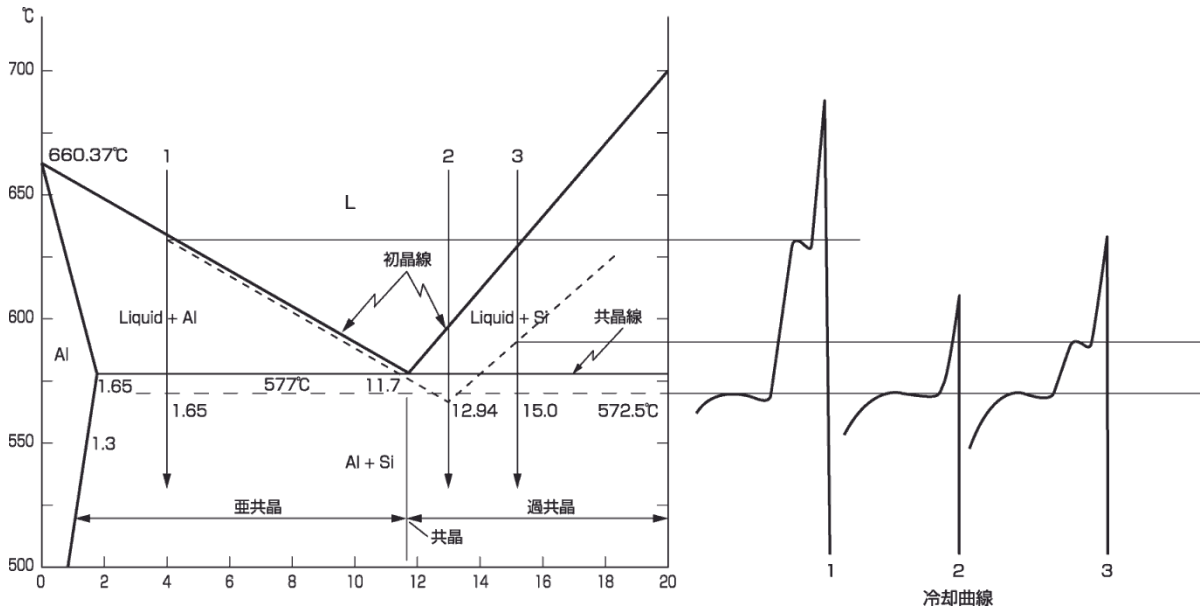


図 5

図 5 は表中の試料 No.1～3 の冷却曲線と Al-Si 系状態図との関係を示したもので、実線で示した基本の状態図からずれているのは Al-Si 二元素に他元素が含有されているためである。ずれた共晶温度は Si を除いて他元素が一定であるならばその温度の変化は表に示した様に±0.7℃で一定と考えて良い。従って Si の含有量の変化によって初晶温度のみが変化する。

これらの例から他の試料の場合も同様な考えとなる。各材料はそれぞれ特有の初晶温度、共晶温度を持っている。従ってその材料の温度をつかまえておけばその材料の管理が出来る。

なお表 1 に示しているように元素の含有に範囲があるため何回か冷却曲線を取り、管理温度範囲を設定する必要があります。

Ⅳ-2　共晶 Si 微細化処理測定

Al-Si 合金における共晶 Si の微細化改良処理は Na 等の微細化剤により、Al-Si-Na の三元共晶の晶出により起きる。

Al-Si 二元共晶より Al-Si-Na 三元共晶の方が共晶温度が低くなる。この現象から改良前（Na 無添加）状態に対し、共晶温度がどの程度降下したかにより、微細化剤の効果がわかる。これが冷却曲線により、微細化効果を判定できる原理である。

一般に微細化剤として Na の他、Sr や Sb が知られているが、ここに Na および Sr 処理した材料の経時変化した時の各温度、過冷点及び改良処理前と処理後の温度差を表に示す。又それぞれの組織を添付する。材質は AC4B（Cu3.5%　Si9.3％　Fe0.45％　Mn0.15％他）について調査した。

1）（Na 処理）溶湯に対し、0.01～0.015％添加処理した溶湯の調査結果を**表 2** に示す。
　又調査時の試料組織を **P- 1～P- 4** に示す。

2）（Sr 処理）溶湯に対し Sr を 0.02％添加処理をした溶湯の調査結果を**表 3** に示す。
　又調査時の試料の内 4 点の組織を **P- 5～P- 8** に示す。

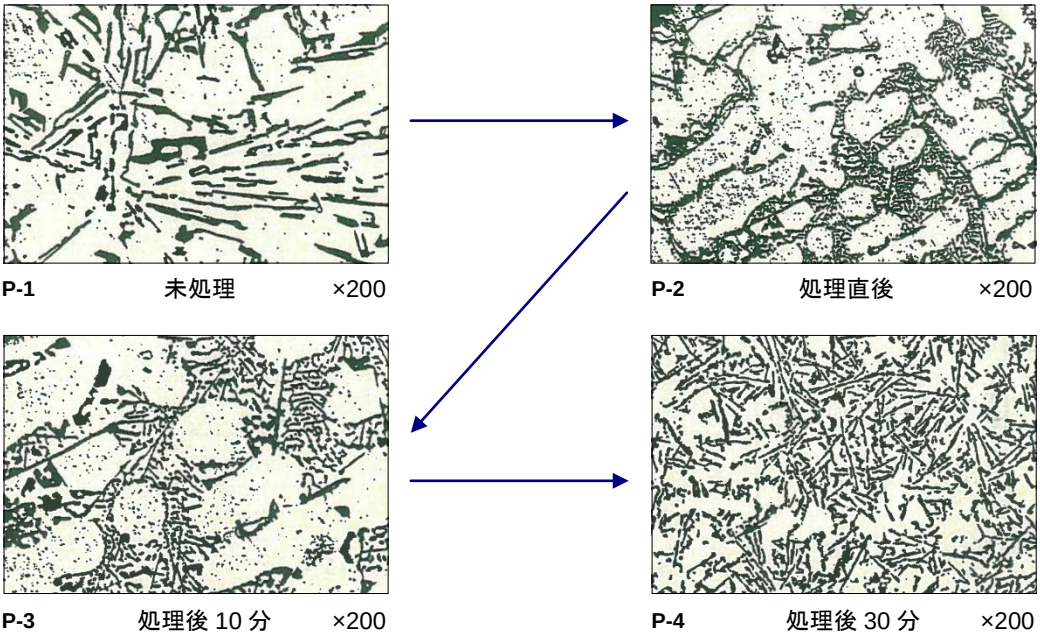
●Na 処理

No.	処理後の経過時間	初晶		共晶		過冷点			
		℃	差	℃	差	CL℃	差	CE℃	差
1	未処理	574	—	564.1	—	572	—	564.0	—
2	直後	575	1	554.4	-9.7	572	0	554.0	-10.0
3	10 分	575	1	555.8	-8.3	573	1	554.8	-9.2
4	30 分	574	0	559.8	-4.3	572	0	558.7	-5.3

※　差:未処理試料との差

表 2

・Si 微細化状況



P-1　未処理　×200　　**P-2**　処理直後　×200

P-3　処理後 10 分　×200　　**P-4**　処理後 30 分　×200

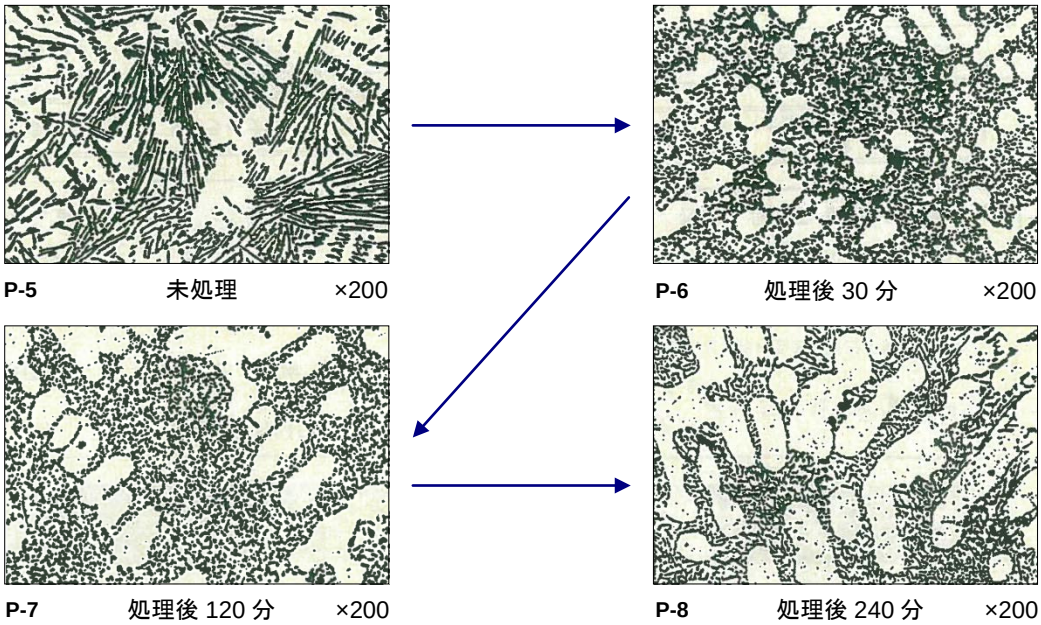
●Sr 処理

No.	処理後の経過時間	初晶		共晶		過冷点			
		℃	差	℃	差	CL℃	差	CE℃	差
1	未処理	576	—	566.0	—	573	—	566.0	—
2	30 分	577	1	557.2	-8.8	575	2	555.4	-10.6
3	120 分	577	1	557.1	-8.9	575	2	555.0	-11.0
4	240 分	575	-1	556.0	-10.0	573	0	554.8	-11.2

※　差:未処理試料との差

表 3

・Si 微細化状況



P-5　未処理　×200

P-6　処理後 30 分　×200

P-7　処理後 120 分　×200

P-8　処理後 240 分　×200

表 2、3 から次の状況が判断できます。

1）Na 及び Sr ともに微細化処理前と処理後では初晶温度、初晶過冷点の変化はほとんど見られない。

2）Na 及び Sr ともにいずれの条件においても初晶過冷度、共晶過冷度に変化が観察できない。（UCL±0.5℃　UCE±1.5℃）

3）Na 及び Sr ともに処理前にくらべ処理後の共晶温度は大きく降下している。Na 処理例から判断できる様に処理効果が P-4 に示す如く無くなると共晶温度が上昇する。

4）Na 及び Sr 等によって微細化処理を行うと共晶温度を大きく降下、効果が薄れると上昇する事から、共晶温度管理による溶湯の微細化管理ができる事を示す。

5）表 4 に各材質の Na、Sr 処理による共晶温度の陥下温度を示す。

材質	無処理 共晶温度℃	共晶温度低下度	
		Na	Sr
AC2A	553.6℃	-11℃	-7.9℃
AC2B	561.9℃	-11℃	-8.7℃
AC3A	572.7℃	-8℃	-5.6℃
AC4B	565.5℃	-10℃	-7.0℃
ADC12	565.5℃	-13℃	-6.7℃

表 4

Ⅶ　運用時の管理値について

1）各工場では溶解上の相違や使用するアルミニウム合金地金、溶湯処理の条件などに多少の差があるため、各工場毎にその条件に合った試料を取ってください。
各材質ごとに条件設定することによって精度が上がっていきます。

2）各工場毎に条件が違うため工場毎の試料を作成しコンピューター補正を行ってください。

例えば試料の Si 分析は湿式分析（化学分析）を行い、冷却曲線との関係を、機械的特性は JIS 規格に合った試料を取り、検査結果と冷却曲線との関係を、他、微細化状態や引ケ巣等の試験データーの確認の上、冷却曲線との関係をコンピューターに組み込むのが基本です。

Ⅵ　ALT-Ⅰ機器の取り扱いについて

Ⅵ-1　ALT-Ⅰ測定器本体

1）ALT-Ⅰは熱分析装置であり、電気の使用で多少の熱を発生し、又現場での過酷な使用条件にも耐えられるよう防塵 BOX に入れたコンピューターと温調器からなっています。本体が安定した数値を出す為に使用 30 分前に電源を入れる様心掛けてください。

2）ALT-Ⅰ本体の設置場所は、磁気・磁場の強い所は避けてください。

3）ALT-Ⅰの本体からのアースは必ず取ってください。

4）ALT-Ⅰは毎年 1 回の温度検定を行ってください。

ALT-I 本体

Ⅵ-2　補償導線（キャップタイヤケーブル）

1）採集試料から測定した起電力を ALT-Ⅰ本体に伝える為のケーブルが接解不良及びキャップタイヤに亀裂が生じた場合、速やかに交換してください。
湿気などによる絶縁不良になります。

2）補償導線は水にぬれたりすると、線間でリークして測定不良となりますので特に注意してください。

3）ケーブルの長さは、標準で 5m です。

Ⅵ-3　カップスタンド(ホルダー)

1）カップスタンドの先端プラグは常に Al-CUP を取り外した後、カップ接触端子を清掃してください。

2）高精度の測定結果を得る為、カップスタンド先端の端子を点検し、摩耗したプラグは取り替えてください。

Al-CUP を接続した状態のカップスタンド

Ⅵ-4　Al -CUP

1） ALT-Ⅰでの測定時、消耗品であるAl-CUPに注湯する際、その注湯温度を特別の場合を除いて基本温度に対し材質別注湯温度範囲（**表 5**）に従って注湯してください。

材質	注湯温度
AC1A	710℃～760℃
AC1B	720℃～770℃
AC2A	690℃～740℃
AC2B	680℃～730℃
AC3A	640℃～690℃
AC5A	720℃～770℃
AC7A	720℃～770℃
AC7B	720℃～770℃

材質	注湯温度
AC4A	660℃～710℃
AC4B	670℃～720℃
AC4C	670℃～720℃
AC4CH	670℃～720℃
AC4D	690℃～740℃
AC8A	640℃～690℃
AC8B	650℃～700℃
AC8C	660℃～710℃
ADC12	650℃～700℃

表 5

2） Al-CUPの保管は、風雨や湿気から避けられる場所にしてください。

3） Al-CUPは通常100個入りで箱に入っています。
防塵のため、箱の蓋は閉めてください。

4） 同じAl-CUPで何回もカップスタンドにセットする事は避けてください。
接触不良の原因となります。

5） 一度使用したAl-CUPは破棄してください。
正確な熱分析ができなくなります。

Ⅴ　最後に

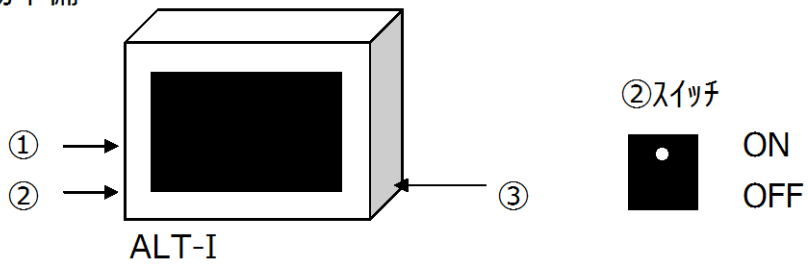
ALT-Ⅰによる効力を充分に発揮するために、

1) 会社の目的に応じ、使用材料、操業条件等を同一条件のもとで基準値の設定をしてください。

2) その基準値から ALT-Ⅰに基づく冷却曲線と各種特性を結び付け、それぞれの会社の管理基準値を設定してください。

上記設定を行えば、安定した操業によりコスト削減と不良低減に大きく役立ち、アルミニウム鋳造に大きな力になると考えています。

１．起動準備

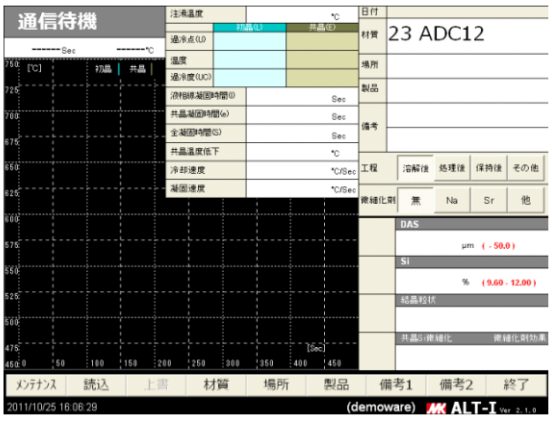


①スイッチがOFFになっていることを確認します。
②ALT-I本体にAC電源を接続します。(100-240V)
③カップスタンドと本体を接続します。

スイッチをONにします。

自動で、プログラムが立ち上がります。(約1分)

この状態で約30分放置し、ALT-I本体の温度を
安定させます。



起動後の画面

2．材質の選択

材質ボタンを押し、測定する材質を選びます。
(設定は、JIS規格のAC、ADCが登録されています。)
無い場合は、26-40を選んでください。

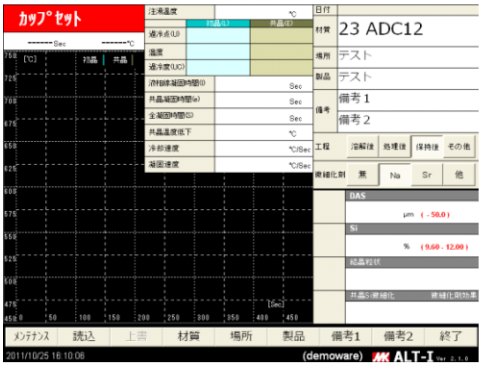
材質選択の画面

3．その他の情報の入力

場所、製品、備考に必要に応じて情報を
入力します。
工程を選択します。

4．微細化剤の選択

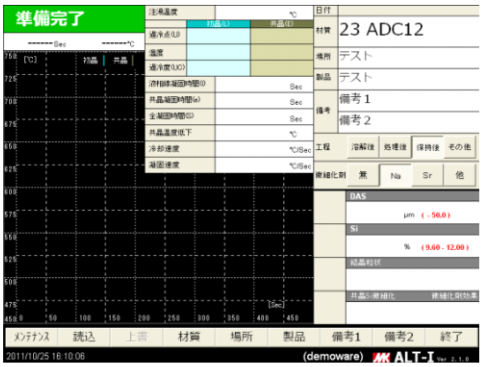
添加するものがある場合は、元素を選択します。



入力後の画面

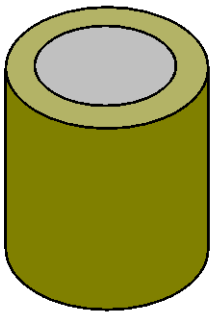
5．カップスタンドにカップを接続します。

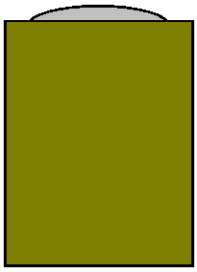
「ｶｯﾌﾟｾｯﾄ」の表示が「準備完了」となります。



6．カップに適量(すりきりいっぱいの湯)を注ぎます。

まず柄杓を溶湯の上に、余熱で温めます。
その後に、すくい、カップに注ぎます。



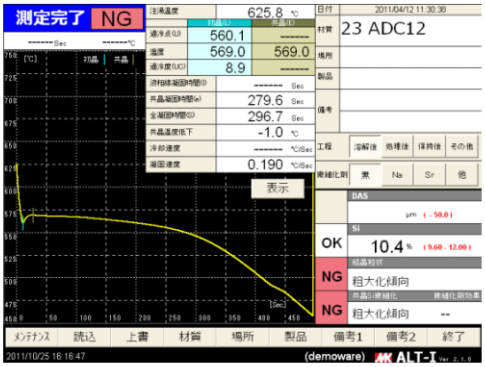


横から見た図

こぼさない様に、表面張力で少し膨らむくらい注ぎます。
熱分析を行いますので、
極力均一の量を注ぐようにしてください。

７．測定完了

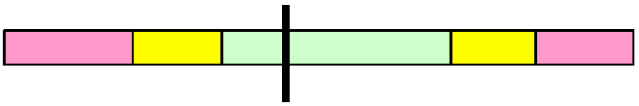
カップの温度が５００℃付近まで下がったら完了です。
画面に結果が表示されます。



「×」を押すと、右の画面へ、「表示」を押すと左の画面に
変わります。
Si%や、結晶粒、共晶Ｓiの微細化を判定します。
初晶温度がある場合は、DASを、
微細化剤が添加してある場合は、
微細化剤の効果判定をおこないます。

左の画面のグラフは、各判定を行っています。

赤＝NG、緑＝OK、黄＝NG(注意)



上の場合は、判定結果が、OKとなります。
すべてOKの場合、総合判定がOKとなります。

(注意)
デモバージョンでは、各種の設定値や計算式、
判定式の設定が行えません。
データの測定をメインに行ってください。

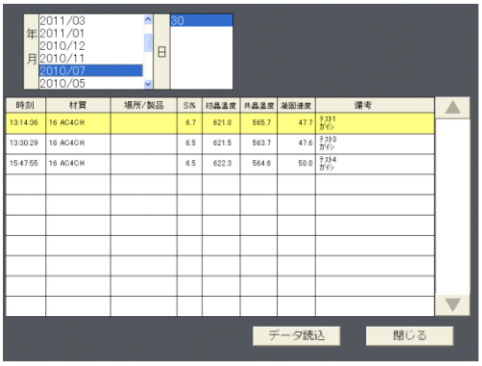
８．測定データの閲覧

「読込」ボタンを押します。

年月、日を選ぶと、画面下に測定データが

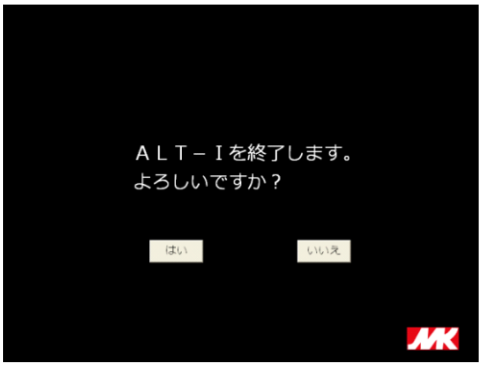
表示されます。

「データ読込」を押すと、データが読込めます。



９．終了

「終了」を2回押すと、下の画面に変わります。



ここで、「はい」を選択すると

ALT-Iが終了します。